VERSUCHE

UEBER DEN

RAUMSINN DER KOPFHAUT.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG

DER

DOCTORWÜRDE IN DER MEDICIN, CHIRURGIE & GEBURTSHILFE

UNTER DEM PRAESIDIUM

VON

Dr. KARL v. VIERORDT,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND VORSTAND DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS ZU TÜBINGEN.

VORGELEGT

VON

ADOLF RIECKER

AUS TÜBINGEN.

MÜNCHEN, 1874.

DRUCK VON C. R. SCHURICH.

RAUMSINN DER KOPFHAUT.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG

DER

DOCTORWÜRDE IN DER MEDICIN, CHIRURGIE & GEBURTSHILFE.

VON

Dr. KARL v. VIERORDT,

PRAKTISCHEM ARZT IN TÜBINGEN.

MÜNCHEN, 1874.

DRUCK VON C. A. KUPFER.

VERSUCHE

UEBER DEN

RAUMSINN DER KOPFHAUT.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG

DER

DOCTORWÜRDE IN DER MEDICIN, CHIRURGIE & GEBURTSHILFE

UNTER DEM PRAESIDIUM

VON

Dr. KARL v. VIERORDT,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND VORSTAND DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS ZU TÜBINGEN.

VORGELEGT

VON

ADOLF RIECKER

AUS TÜBINGEN.

MÜNCHEN, 1874.

DRUCK VON C. R. SCHURICH.

Versuche über den Raumsinn der Kopfhaut.

Von

Adolf Riecker

in Tübingen.

(Mit Tafel II.)

In den oberen Gliedmaassen sind die Verrichtungen der Haut als Raumsinnsorgan unter extreme, aber auch relativ einfache Bedingungen gestellt, die sich von den in den übrigen Körpertheilen geltenden Einflüssen in mehrfacher Hinsicht unterscheiden. Die einzelnen Hautpunkte der obern Extremität bieten beim Gebrauche der letzteren als Bewegungsorgan Unterschiede in der Exkursionsweite der Bewegungen dar, die viel grösser sind, als bei den übrigen Körpertheilen. Daher erklärt sich die enorme Differenz in der Entwickelung des Raumsinns zwischen dem relativ wenig beweglichen obersten Theil des Oberarmes gegenüber den in hohem Grade beweglichen Fingerspitzen.

Nach den Experimenten von R. Kottenkamp und H. Ullrich,[1]) welche die im hiesigen physiologischen Institut planmässig unternommenen Raumsinnsmessungen, die sich nach und nach auf die ganze Körperoberfläche erstrecken sollen, begonnen haben, ist der Raumsinn in der Spitze der dritten Phalangen des 2. bis 5. Fingers 24mal feiner entwickelt, als in der Haut des Acromion, dicht über dem Schultergelenke. Ferner wird kein Körpertheil in so einseitiger Weise als Bewegungsorgan gebraucht, als die obere Extremität; fast immer zeigen, sowohl, wenn die Extremität sich als Ganzes bewegt, als auch, wenn nur einer oder einige der vier physiologischen Hauptabschnitte derselben in Bewegung begriffen

1) S. Zeitschrift für Biologie 1870. VI. Band, S. 37.

sind, die dem unteren Ende der Extremität näheren Hautstellen grössere Bewegungsausschläge, als die Hautstellen, die dem oberen Ende der Extremität näher liegen.

Die genannten Experimentatoren fanden, dass die Feinheit des Raumsinns in der oberen Extremität vom Schultergelenke bis zur Fingerspitze continuirlich zunimmt; am langsamsten erfolgt diese Zunahme in der Haut des Oberarms, etwas schneller im Vorderarm, viel schneller in der Hand, am schnellsten aber in den Fingern.

Die von Professor v. Vierordt zunächst blos theoretisch aufgestellte Norm, dass die Zunahme der Feinheit des Raumsinns sich proportional verhalte den Abständen der Hautstellen von ihren respektiven Gelenken, d. h. proportional der Exkursionsweite der von den betreffenden Hautstellen um eine gemeinschaftliche Gelenkaxe ausgeführten Bewegungen, wurde demnach durch die auf eine sehr grosse Zahl von Einzelnversuchen basirenden Studien Kottenkamp's und Ullrich's für die obere Extremität vollkommen bestätigt.

Die Theorie hätte nur noch die auffallende Thatsache zu erklären, dass die Zunahme in der Feinheit des Raumsinns in den vier physiologischen Abtheilungen der obern Extremität in der Richtung nach abwärts (gegen die Peripherie) verschieden rasch erfolgt, mit anderen Worten, sie hätte die speziellen Grössenwerthe zu erklären, welche die Feinheit des Raumsinns in sämmtlichen Einzelnbezirken der Haut der obern Extremität erfahrungsgemäss zeigt und nothwendig zeigen muss. Halten wir fest an der Giltigkeit des durch die Kottenkamp-Ullrich'schen Versuche evident nachgewiesenen obersten Prinzips der v. Vierordt'schen Theorie, so ist es der Gebrauch, den wir von unseren Körpertheilen als Bewegungsorganen machen, welcher die so verschiedene Gestaltung der Raumsinnswerthe der Einzellokalitäten der Cutis in den betreffenden Körperabtheilungen vorwiegend und in oberster Instanz bestimmt.

Die obere Extremität wird als Ganzes bekanntlich fast immer in der Art bewegt, dass sie nicht blos um ihre oberste Axe (im Schultergelenke) rotirt, sondern der Vorderarm rotirt gleichzeitig um seine Axe im Ellbogengelenk und vielfach auch die Hand noch um ihre spezielle Axe im Brachio-carpalgelenk. Noch verwickelter und vielseitiger sind natürlich die Fingerbewegungen, bei

welchen in der Mehrzahl der Fälle die Phalangen und zwar jede einzelne derselben nicht blos um die Axe des ersten Fingergelenks (Metacarpophalangealgelenk), sondern auch um ihre spezielle Axe rotirt. Demnach rotirt die dritte Phalanx in sehr vielen Fällen um sechs Axen. Die unteren Abschnitte der obern Extremität eilen also in der Regel bei diesen Rotationen um ihre Spezialaxen den oberen Abschnitten etwas voraus; dazu kommt noch, dass Vorderarm, Hand und Finger sehr oft für sich allein bewegt werden, während der Oberarm ruhig bleibt; sowie dass die Finger häufig bewegt werden, wenn alle andern Abschnitte der obern Extremität ruhig verharren. Erwägt man ferner, dass die Finger für sich allein viel schneller bewegt werden können, als die Hand, diese wieder schneller, als der Vorderarm u. s. f., so liegt es sehr nahe, die Schnelligkeit der Bewegungen jedes Einzeltheils für sich als Hülfsprinzip aufzustellen, das bei der speziellen Gestaltung der Raumsinnswerthe für bestimmte Hautabschnitte von Einfluss sein muss. Man darf nicht etwa einwenden, dass durch gehörige Uebung die Bewegungen im Handgelenk oder den höher liegenden Gelenken bald dieselbe Schnelligkeit erlangen könnten, als die Fingerbewegungen; der praktische Gebrauch, den wir von unserer obern Extremität und ihren Einzeltheilen machen, bringt es eben mit sich, dass die obern Abschnitte weniger als die untern geübt und in Anspruch genommen werden. Darin gerade liegt das Wesen und die, wie ich glaube, empfehlende Einfachheit der neuen Theorie, dass sie bei der Erklärung der so sehr verschiedenen Gestaltung der Raumsinnswerthe der Einzelnterritorien der allgemeinen Bedeckungen keinerlei Einrichtungen zu Hülfe nehmen muss, die etwa von vornherein schon gegeben wären, und deren Statthaftigkeit zudem, wie z. B. die Verschiedenheit des Nervenreichthums der einzelnen Hautstellen, schon dadurch sehr vermindert wird, dass die betreffenden Verhältnisse gar nicht messend darzulegen sind, [1]) son-

1) Das Experiment weist eine enorme Differenz der Feinheit des Raumsinns in den verschiedenen Cutisstellen nach; das Mikroskop ist aber bekanntlich nicht entfernt im Stande, eine diesen grossen funktionellen Unterschieden entsprechende Differenz im Reichthum an Nervenfasern der verschiedenen Hautstellen darthun zu können.

dern dass sie ausschliesslich den Gebrauch, den wir von den Theilen machen, und die bei demselben sich ergebenden messbaren Unterschiede als entscheidend ansieht. Die Fragen, die vom Standpunkt dieser Theorie an das Experiment künftig gestellt werden müssen, sind sehr viel zahlreicher und mannigfaltiger, als der berühmte Begründer der Physiologie des Tastsinns, E. H. Weber, vom Standpunkt seiner Theorie der Empfindungskreise, wohl ahnen mochte. Für die ältere Theorie ist es z. B. ziemlich gleichgiltig, wie der Raumsinn sich gestaltet bei Ankylosen von Gelenken oder vielleicht schon bei nur vorübergehendem Nichtgebrauch eines Gliedes, wie er sich andererseits gestaltet bei Solchen, die, wie der Klavierspieler, der Tänzer von Profession, der Arbeiter und dgl. bestimmte Bewegungen besonders häufig ausführen u. s. w.

Das rasche Ansteigen der Feinheit des Raumsinns in den Fingern, das sehr viel langsamere Zunehmen der Raumsinnsempfindlichkeit in der Haut des Oberarms scheint mittelst Zuhilfenahme des erwähnten zweiten Prinzips (nämlich der Schnelligkeit und Freiheit der ausgeführten Bewegungen) seine Erklärung zu finden; man hätte nun die Aufgabe, durch Versuche zu prüfen, ob die Unterschiede in der Schnelligkeit der Bewegungen jedes dieser Hauptabschnitte der Oberextremität hinreichen, um die fragliche Erscheinung vom Standpunkte unserer Gebrauchstheorie zu erklären.

Die ebenfalls auf breitester statistischer Unterlage beruhende Arbeit von A. Paulus[1]) über den Raumsinn der Haut der untern Extremität bewies die Richtigkeit unserer Theorie aufs Neue und in schlagender Weise. Sie führte zu dem interessanten Ergebniss, dass die Zehenspitze blos $8^1/_2$mal mehr bevorzugt ist in ihren Raumsinnsleistungen als das oberste Ende des Oberschenkels, eine vom Standpunkt der oben entwickelten Anschauungen wohl erklärliche Thatsache, da die obere Extremität viel mehr als die untere zu raschen Bewegungen genöthigt ist. Oberschenkel, Fussrücken und Zehen gehorchen der allgemeinen Norm: Die Feinheit des Raumsinns nimmt ununterbrochen zu in der Richtung nach abwärts; von besonderem Interesse ist aber, dass die Zunahme in

1) S. Zeitschrift für Biologie 1871, Band VII, S. 237.

den genannten 3 Abtheilungen nicht die grossen Unterschiede zeigt, wie das bei der Oberextremität theilweise der Fall ist. Der Raumsinn differirt im Oberschenkel um das $2^3/_4$fache, auf dem Fussrücken um das $1^1/_2$-, in der Zehe um das 2fache. Die Bevorzugung des Wachsthums der Feinheit des Raumsinnes im Oberschenkel ist wohl begreiflich aus dessen absolut und relativ schnelleren und ausschlaggebenderen Bewegungen.

Nur bezüglich des Unterschenkels fand Paulus eine bemerkenswerthe Ausnahme von obiger Regel; der Raumsinn nimmt bei ihm ab vom Knie gegen die Mitte des Unterschenkels, um dann wieder feiner zu werden und schliesslich in der Gegend des Fussgelenkes denselben Werth zu bieten, wie am entgegengesetzten Ende. Diese Anomalie veranlasste mich zu speziellen Versuchen an dieser Lokalität. Ich erhielt für meinen Körper an 8 Lokalitäten des Unterschenkels [1]) so geringe und in keinem einseitigen Sinn sich geltend machende Unterschiede der Feinheit des Raumsinnes, dass ich mit Bestimmtheit den Raumsinn der Haut dieser Körperstellen für gleichwerthig ansehen durfte. Diese Erfahrungen wurden von mir in der Art, wie ich hoffe, befriedigend gedeutet, dass ich von der Annahme ausging, es finden bei den Bewegungen des Unterschenkels ebenso häufig Rotationen um eine untere, besonders die im Fussgelenk liegende Axe, als um die obere Knie- oder Hüftgelenksaxe statt. In der That bietet der Gebrauch des Unterschenkels, dem Oberschenkel und andern Körpertheilen gegenüber, die Eigenthümlichkeit, dass bei ihm keine dieser Axen entschieden bevorzugt ist.

Es war von vornherein zu erwarten, dass der Ortssinn der Kopfhaut wegen der grossen Mannigfaltigkeit der in dieser Körperregion vorkommenden partiellen und Gesammtbewegungen und der entsprechenden Vielheit der in Frage kommenden Bewegungsaxen sehr verwickelte und zum Theil schwer lösbare Probleme für jeden Versuch, die Feinheitswerthe des Raumsinnes in den Einzellokalitäten zu deuten, bieten werde, so dass ich beim Beginn meiner Studien auf eine lange Reihe von Versuchen gefasst war.

---

1) S. Zeitschrift für Biologie 1873, Band IX, S. 95.

Die Versuche, die vom Frühjahr 1872 an nahezu drei Semester hindurch fortgesetzt wurden, fielen in mein 22. und 23. Lebensjahr. Mein Körpergewicht beträgt 58250 Gramme; meine Körperlänge 1670 Millimeter und zwar 1) von der Fusssohle bis zum Trochanter major 880, 2) von da bis zum 7. Halswirbel 544 und 3) vom 7. Halswirbel bis zum Scheitel 246 Millimeter.

Im Betreff der Anstellung der Versuche, wie der Berechnung der Versuchsresultate darf ich auf die oben citirten Arbeiten meiner Vorgänger Kottenkamp und Ullrich und Paulus verweisen.

Die von mir geprüften Hautstellen sind ausser der Zungenspitze 12 in die Medianebene des Kopfes fallende Lokalitäten. Dazu kommt noch die Hautstelle über dem Dornfortsatz des 7. Halswirbels; im Ganzen also 14 Stellen in der Medianebene. Die sämmtlichen Lokalitäten dieser Ebene bezeichne ich der Kürze wegen mit I und einer entsprechenden besonderen Nummer.

Neun andere Versuchsstellen fallen zum grössten Theile in einen mit dem medianen parallelen Meridian, der durch die Mitte der Augenlider geht; diese Lokalitäten sind mit II und ihrer speziellen Nummer bezeichnet.

Sieben mit III und der betreffenden Zahl bezeichnete Versuchsstellen liegen noch weiter nach auswärts. Die Versuche der II. und III. Reihe wurden auf meiner rechten Kopfseite angestellt.

Die Gesammtzahl der Einzelnversuche in diesen 30 Lokalitäten beträgt 31574.

Die Fig. 1 Taf. II gibt einen raschen Ueberblick über die Versuchsstellen; die genaue Lage jeder einzelnen derselben kann aber überhaupt nur, und ganz speziell in Rücksicht auf unsere vorliegende Aufgabe durch die Angabe ihrer Abstände von den verschiedenen Drehungsaxen ausgedrückt werden, welche bei den Bewegungen des Kopfes überhaupt in Frage kommen.

Tabelle I enthält die Abstände der Versuchsstellen von den Drehungsaxen. Die Werthe sind Millimeter, jedoch sind sämmtliche Maasse um ein Drittel verkleinert, entsprechend dem Maassstab, in welchem ich die graphische Projektion der Einzelnstellen ausgeführt habe. Also ist z. B. in Columne B die wirkliche Dimension des ersten Werthes (92) 138 Millimeter.

Vom Standpunkte unserer Theorie kann es sich nur darum handeln, dass wir die Abstände jeder einzelnen Versuchsstelle von den Hauptaxen bestimmen, um welche die Bewegungen des Kopfes allein, oder die des Kopfes sammt dem Rumpf resp. auch den untern Extremitäten erfolgen. Offenbar kommen bei Lösung unseres Problems nicht bloss die Bewegungen in Frage, die der Kopf für sich allein ausführt, sondern auch die zahlreichen und häufigen Bewegungen, bei welchen der Kopf nur als Anhängsel des Rumpfes oder des ganzen Körpers bewegt wird. Es handelt sich:

A. um die Beugung und Streckung des Kopfes auf dem Atlas, also um eine horizontale von rechts nach links gezogene Axe, in welche auch die beiden Zitzenfortsätze fallen. Letztere wurden (III. 7) auch als Versuchslokalität gewählt. Die Abstände der Versuchsstellen von dieser Axe sind in der ersten Vertikalkolumne (*A*) der Tab. I enthalten.

B. Die Beuge- und Streckbewegungen des Kopfes sind aber in der Regel noch mit entsprechenden Bewegungen der Halswirbelsäule vergesellschaftet, namentlich ist jede stärkere Beugung des Kopfes entschieden mit einer Vorwärtsbeugung der Halswirbelsäule verbunden. Dieser Vorgang ist selbst wieder streng genommen in so viele Partialbewegungen zu zerlegen, als die Halswirbelsäule Artikulationen hat; wir können aber dafür ohne Fehler für unsern Zweck — indem wir die Halswirbelsäule gewissermaassen als einen einzigen Knochen betrachten — eine Bewegung des 7. Halswirbels auf dem 1. thoracischen substituiren. Die in Columne B. der Tab. I verzeichneten Werthe geben die Abstände der Versuchsstellen von dem ersten Brustwirbel an.

C. Die um den Zahnfortsatz des zweiten Halswirbels erfolgenden Horizontaldrehungen des Kopfes (Axe H—H. in Fig. I u. II).

D. Von der Seitenbewegung des Kopfes im Atlas können wir absehen; dieselbe zeigt, wenn sie überhaupt vorkommt, zu geringe Exkursionen, um hier in Frage zu kommen. Dagegen ist den ausgiebigen Bewegungen Rechnung zu tragen, bei welchen der Kopf, sammt der entsprechenden Torsion und seitlichen Neigung der Halswirbelsäule der linken oder rechten Schulter genähert wird.

Die betreffenden Axen liegen [1]) für die 6 untersten Halswirbelkörper-Gelenke in der Medianebene und haben einen von vorn und unten nach hinten und oben gerichteten Verlauf. Diesen mehrfachen medianen Axen können wir aber, indem wir die Halswirbelsäule als ein Ganzes betrachten, eine einzige unterste Axe (m—m der Figuren) substituiren, ohne für unsern speziellen Zweck dadurch einen merklichen Fehler einzuführen.

E. Zahlreich sind ferner die Beugungen und Streckungen des Rumpfes um eine durch beide Schenkelköpfe gelegte horizontale Axe, an welchen der Kopf passiv oder durch begleitende Eigenbewegungen aktiv sich betheiligt. Noch zahlreicher sind die Rumpfbeugungen und Streckungen während des Sitzens. Alle diese Bewegungen sind für unsern Zweck um so wichtiger, als hier der Kopf als äusserstes Ende des Hebelarms Bewegungen von sehr weiter Exkursion vollführen kann. Die E-Werthe der Tabelle I beziehen sich auf diese Bewegungen und zwar drücken die Zahlen der I-Reihe den genau berechneten Abstand der betreffenden Hautstellen von der für die Beuge- und Streckbewegungen des Rumpfes durch die beiden Hüftgelenke gelegten gemeinsamen horizontalen Axe aus. Da aber diese Werthe nur sehr wenig abweichen von dem Abstand des Trochanter major vom 7. Halswirbel plus dem Abstand der horizontalen Linie M—M. der Figuren (in welche der Körper W. des 7. Halswirbels fällt) von der betreffenden Hautstelle des Kopfes, so habe ich zur Vereinfachung des Geschäftes ohne wesentlichen Fehler für die Versuche in der II. und III. Reihe die E-Werthe einfach so berechnet, dass jeweils zum Abstand des Trochanter major vom Dornfortsatz des 7. Halswirbels [2]) der Abstand der Versuchsstellen (welche als in der Medianebene liegend angenommen wurden) von der oben definirten Linie M—M. hinzugezählt wurden. Einwände gegen diese Bequemlichkeit, die ich mir erlaubte, wären, ganz abgesehen von dem äusserst geringen Fehler, der dadurch eingeführt wird, auch desshalb ohne Gewicht, weil wir bei unserem verwickelten Problem eine Anzahl anderer

1) S. Henke, Gelenke, Leipzig 1863 S. 93 u. 68 (Fig. 17).
2) Derselbe (544 Millimeter) ist in unserem reducirten Maassstab = 359.

Einflüsse, die sich ohne Zweifel noch geltend machen, z. B. die Häufigkeit und Schnelligkeit der Bewegungen vorerst noch nicht in Rechnung bringen konnten.

Von den ebenfalls starke Ausschläge gebenden Beugungen des Rumpfes nach beiden Seiten muss ich absehen. Die Wirkung dieser Bewegungen auf die Ausbildung des Raumsinnes der Kopfhaut fällt ohnehin mit den in Rede stehenden E-Wirkungen zusammen.

F. Schliesslich kommen noch die Bewegungen in Betracht, bei denen das Bein sammt dem übrigen Körper um die Axe des Fussgelenks sich bewegt. Sind auch diese Bewegungen in der Regel absolut nicht sehr ausgiebig, so fallen sie doch wegen ihrer enormen Häufigkeit (die Schwankungen des Körpers beim Stehen u. s. w.) sowie auch desshalb sehr ins Gewicht, weil die Ausschläge derselben am obersten Ende des Körpers verhältnissmässig gross sind. Die F-Werthe dürften ohne wesentlichen Fehler einfach so angesetzt werden, dass zu den E-Werthen der Abstand des Trochanter major von der Axe des Fussgelenks, d. h. 820 Millimeter resp. nach unserem verjüngten Maassstab 541 zugezählt wurden.

Ich habe bei meiner Aufgabe, die, wie eine nähere Betrachtung lehrt, jedenfalls eine höchst verwickelte und schwierig zu lösende ist, mich auf die Hauptbewegungen beschränken müssen, da ein Hereinziehen minder wichtiger Bewegungen vorläufig noch vollkommen nutzlos wäre und die Untersuchungen noch complizirter machen würde.

Die Annahme liegt nahe, dass die Werthe der A- bis F-Reihe der Tabelle I nicht als solche in Rechnung gebracht werden dürften, sondern noch versehen mit gewissen, noch unbekannten Coëffizienten, welche

1) die durchschnittliche oder gar die maximale Ausgiebigkeit der betreffenden Bewegungen, ferner
2) deren durchschnittliche oder maximale Geschwindigkeit und
3) deren relative Häufigkeit

auszudrücken hätten. Dafür aber fehlen uns alle positiven Anhaltspunkte. Ich bin daher genöthigt, diese 6 Kategorien von Bewegungen vorerst als gleichwerthig zu betrachten. Was die C-Bewegungen an Geschwindigkeit voraus haben, das kann compensirt

werden durch die viel grösseren Ausschläge der A-Bewegungen u. s. w. Ich summire also einfach sämmtliche Werthe der Columnen A—F für jede einzelne Versuchsstelle (in horizontaler Reihenfolge) und betrachte die betreffenden Summen als die Grundmaasse, die mit den experimentell bestimmten Feinheitswerthen des Raumsinnes der einzelnen Lokalitäten jeweils zu vergleichen sind. Die Summen der Werthe in A bis D (Eigenbewegungen des Kopfes) sind in der fünften Vertikalreihe noch besonders angegeben; die E- und F-Werthe fallen in der achten Rubrik „Endsummen" natürlich ganz besonders ins Gewicht, was, wie wir sehen werden, von tiefgreifendem Einfluss ist auf die Gestaltung der Entwicklung des Raumsinns in der Kopfhaut.

Tabelle I.

Abstände der Versuchsstellen der Kopfhaut von den wichtigsten Drehaxen der aktiven und passiven Kopfbewegungen.

Versuchsstellen		*A* Beugung u. Streckung auf dem Atlas	*B* Beugung u. Streckung der Halswirbelsäule	*C* Rotation um den Processus odontoideus	*D* Seitwärtsneigung der Halswirbelsäule um eine mediane Axe	Summen von *A*—*D*	*E* Beugung u. Streckung im Hüftgelenk	*F* Drehung d. Tibia um d. quere Axe d. Rolle des Astragalus	Endsummen von *A*—*F*
Nummer	Wort-Bezeichnung								
I. 1	Kinn	83	83	62	77	305	387	928	1620
I. 2	Weisse Unterlippe	81	90	65	92	328	402	943	1673
I. 3	Rothe Unterlippe	83	94	70	97	344	408	949	1701
I. 4	Rothe Oberlippe	84	99	72	103	358	413	954	1725
I. 5	Nasenspitze	95	119	83	126	423	436	977	1836
I. 6	Glabella	93	134	70	150	447	470	1011	1928
I. 7	Stirnnaut	104	155	61	171	491	499	1040	2030
I. 8	Mitte des Stirnbeins	108	164	37	176	485	515	1056	2056
I. 9	Pfeilnaht	105	164	7	166	442	523	1064	2029
I.10	Scheitel	98	155	36	135	424	515	1056	1995
I.11	Angulus lambdoideus	69	117	59	84	329	471	1012	1812
I.12	Protub. occipital.	46	83	55	55	239	433	974	1646
I.13	Vertebra prominens	—	—	—	—	—	359	900	1259
I.14	Zunge	80	92	66	105	343	413	954	1710

Versuchsstellen		*A* Beugung u. Streckung auf dem Atlas	*B* Beugung u. Streckung der Halswirbelsäule	*C* Rotation um den Processus odontoideus	*D* Seitwärtsneigung der Halswirbelsäule um eine mediane Axe	Summen von *A*—*D*	*E* Beugung u. Streckung im Hüftgelenk	*F* Drehung d. Tibia um d. quere Axe d. Rolle des Astragalus	Endsummen von *A*—*F*
Nummer	Wort-Bezeichnung								
II.1	Unterkieferrand	69	65	53	72	259	394	935	1588
II.2	Mundwinkel	67	76	59	85	287	406	947	1640
II.3	Wange	66	92	61	109	328	426	967	1721
II.4	Unteres Auglid	70	108	61	127	366	447	988	1801
II.5	Oberes Auglid	75	115	61	133	384	454	995	1833
II.6	Augbrauen	81	124	61	144	410	466	1007	1883
II.7	Oberer Rand der Stirnhaut	91	144	51	161	447	493	1034	1974
II.8	Os bregmatis	95	155	27	157	434	516	1057	2007
II.9	Os bregmatis	52	93	64	68	277	426	968	1671
III.1	Angulus maxillae	46	42	42	67	196	406	947	1549
III.2	Im Niveau des Mundwinkels	37	51	45	77	210	416	957	1583
III.3	Im Niveau der Nasenspitze	28	68	45	94	235	433	974	1642
III.4	Im Niveau der Glabella	38	64	45	113	260	461	1002	1723
III.5	Schläfengegend	63	122	46	132	363	492	1033	1888
III.6	Os parietale	57	114	55	79	305	479	1020	1804
III.7	Processus mastoideus	0	62	40	77	179	432	973	1584

In nachfolgender Tabelle II gebe ich das Detail der in jedem Einzelnbezirke angestellten Versuche; von näheren Erläuterungen kann ich absehen, indem ich einfach auf die analog construirten Tabellen meiner Vorgänger verweise, welche im hiesigen physiologischen Institut an andern Regionen der allgemeinen Bedeckungen experimentirt haben. Der besseren Vergleichbarkeit wegen sind sämmtliche Zahlen der Tabelle in Prozentwerthen ausgedrückt; also bedeutet z. B. in I.1. Kinn (Abstand 0) 5.9, dass bei Berührung bloss eines Hautpunktes in 5.9 Fällen von 100 die Empfindung zweier berührter Hautpunkte fälschlicherweise eintrat.

Ich habe jedoch nicht unterlassen, die absolute Gesammtzahl der Versuche anzumerken, welche jeweils bei einem bestimmten Abstand der Berührungsnadeln ausgeführt wurden; sowie auch die Zahl aller Versuche zu notiren, welche auf jede einzelne Versuchsstelle fallen.

Tabelle II.

Zusammenstellung der Versuche.

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	5.9	91.2	2.9	103	I.1 Kinnspitze.
1/2	2.3	95.4	2.3	85	
1	6.5	90.9	2.6	75	
1 1/2	7.8	88.3	3.9	76	
2	31.5	57.4	10.8	148	
3	92.0	4.6	3.4	87	
4	90.6	4.7	4.7	140	
5	97.3	2.7	—	34	
6	100	—	—	66	
8	100	—	—	42	
10	100	—	—	49	
12	100	—	—	38	
14	100	—	—	39	
	Gesammtzahl = 912				
0	2.8	92.7	4.5	112	I.2 Weisser Theil der Unterlippe.
1/2	2.1	95.8	2.1	96	
1	1.1	95.6	3.3	94	
1 1/2	35.0	54.1	10.9	83	
2	60.4	36.1	3.5	145	
3	93.7	6.3	—	94	
4	100	—	—	68	
5	100	—	—	43	
6	100	—	—	57	
8	100	—	—	35	
10	100	—	—	25	
12	100	—	—	26	
	Gesammtzahl = 877				

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	—	99.1	0.9	106	I.3 Rother Theil der Unterlippe.
1/2	8.4	89.9	1.7	109	
1	48.3	46.5	5.2	107	
1 1/2	98.2	1.8	—	114	
2	98.8	0.6	0.6	155	
3	100	—	—	64	
4	100	—	—	96	
6	100	—	—	48	
8	100	—	—	34	
10	100	—	—	32	
	Gesammtzahl = 875				
0	—	100	—	96	I.4 Rother Theil der Oberlippe.
1/2	4.3	93.1	2.6	116	
1	43.2	53.1	3.7	106	
1 1/2	91.6	8.4	—	119	
2	100	—	—	148	
3	100	—	—	104	
4	100	—	—	90	
6	100	—	—	65	
	Gesammtzahl = 854				

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	2.4	97.6	—	86	I.5 Nasenspitze.
1/2	6.3	90.5	3.2	94	
1	8.0	88.0	4.0	111	
1 1/2	32.4	64.4	3.2	92	
2	59.9	38.0	2.1	142	
3	100	—	—	88	
4	100	—	—	92	
6	100	—	—	61	
8	100	—	—	42	
	Gesammtzahl =			808	
0	6.9	90.6	2.5	115	I.6 Glabella.
1 1/2	3.6	92.8	3.6	55	
2	14.0	78.0	8.0	200	
3	18.2	77.1	4.7	128	
4	54.8	38.5	6.7	209	
5	70.1	18.4	11.5	43	
6	92.8	3.1	4.1	190	
7	97.6	—	2.4	41	
8	100	—	—	106	
	Gesammtzahl =			1087	
0	14.4	78.4	7.2	111	I.7 Oberer Rand der Stirnhaut.
2	25.3	66.6	8.1	170	
3	22.0	68.0	10.0	98	
4	57.4	36.4	6.2	189	
5	88.6	11.4	—	51	
6	92.0	5.4	3.6	163	
7	96.0	2.0	2.0	50	
8	98.5	—	1.5	130	
10	100	—	—	30	
	Gesammtzahl =			992	
0	12.8	84 0	3.2	126	I.8 Stirnbein (12 Centimeter von der Nasenwurzel).
2	9.4	83.6	7.0	128	
3	15.2	78.7	6.1	131	
4	28.5	60.9	10.6	130	
5	43.9	47.6	8.5	129	
6	66.3	24.7	9.0	133	
7	73.0	19.1	7.9	137	
8	89.1	5.1	5.8	138	
10	100	—	—	139	
12	100	—	—	145	
	Gesammtzahl =			1336	

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	10.6	85.8	3.6	131	I.9 Vorderes Ende der Pfeilnaht (16 Centim. von der Nasenwurzel).
2	10.7	80.6	8.7	149	
3	16.1	79.2	4.7	149	
4	36.6	56.5	6.9	144	
5	50.0	46.6	3.4	148	
6	60.4	33.1	6.5	154	
7	62.8	28.5	8.7	160	
8	85.9	10.9	3.2	154	
10	97.9	1.4	0.7	142	
12	100	—	—	132	
	Gesammtzahl =			1463	
0	3.4	92.0	4.6	87	I.10 Mitte der Pfeilnaht (23 Centimeter von der Nasenwurzel).
2	12.2	81.2	6.6	106	
3	23.3	66.5	10.2	107	
4	33.6	61.6	4.8	105	
5	57.5	32.0	11.5	104	
6	73.7	18.8	7.5	106	
7	81.2	10.3	8.5	106	
8	94.6	1.8	3.6	110	
10	100	—	—	127	
12	100	—	—	68	
	Gesammtzahl =			1026	
0	7.9	87.6	4.5	88	I.11 Hinteres Ende der Pfeilnaht (30 Centimeter von der Nasenwurzel).
2	9.0	83.8	7.2	111	
3	19.3	75.6	5.1	119	
4	40.0	49.5	10.5	114	
5	62.2	32.4	5.4	112	
6	84.4	10.4	5.2	116	
7	88.3	7.2	4.5	111	
8	95.7	1.8	2.5	118	
10	100	—	—	116	
12	100	—	—	64	
	Gesammtzahl =			1069	
0	8.3	86.2	5.5	109	I.12.6 Mm. über der Protuberantia occipitalis externa (37 Cm. v. d. Nasenwurzel).
2	14.9	78.2	6.9	101	
3	18.8	71.8	9.4	106	
4	40.8	56.6	2.6	117	
5	50.2	37.8	12.0	116	
6	81.8	14.4	3.8	104	
7	85.0	10.3	4.7	106	
8	96.0	4.0	—	100	
10	100	—	—	122	
12	100	—	—	68	
	Gesammtzahl =			1049	

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	4.7	90.6	4.7	123	I.13 Vertebra prominens des Halses.
2	9.0	85.7	5.3	132	
3	10.7	79.4	9.9	140	
4	10.9	83.3	5.8	137	
5	20.6	68.4	11.0	136	
6	35.0	57.3	7.7	143	
7	35.7	57.0	7.3	137	
8	39.7	50.0	10.3	136	
10	67.6	27.6	4.8	144	
12	82.5	15.0	2.5	174	
14	100	—	—	56	
	Gesammtzahl =			1468	
0	2.4	97.6	—	82	I.14 Zungenspitze.
0.4	53.3	40.5	6.2	64	
0.5	53.7	43.6	3.7	110	
0.6	89.3	10.7	—	56	
0.8	90.0	7.5	2.5	40	
1	100	—	—	85	
1½	100	—	—	65	
2	100	—	—	66	
3	100	—	—	50	
4	100	—	—	36	
	Gesammtzahl =			654	
0	4.8	92.0	3.2	124	II.1 Unterkieferrand (Mitte desselben).
2	7.8	88.3	3.9	153	
3	19.6	70.6	9.8	102	
4	40.3	53.5	6.2	177	
5	80.5	14.3	5.2	76	
6	87.8	3.5	4.7	169	
7	96.4	—	3.6	54	
8	100	—	—	118	
10	100	—	—	64	
12	100	—	—	40	
	Gesammtzahl =			1077	
0	5.6	90.7	3.7	107	II.2 Höhe der Unterlippe (Mundwinkel).
2	6.0	88.6	5.4	133	
3	12.4	82.5	5.1	97	
4	28.2	69.0	3.8	159	
5	87.2	10.2	2.6	78	
6	95.3	2.0	2.7	145	
7	100	—	—	66	
8	97.9	—	2.1	94	
10	100	—	—	54	
12	100	—	—	48	
	Gesammtzahl =			981	

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	—	98.2	1.8	110	II.3 Wange
1½	8.3	87.6	4.1	72	
2	5.4	90.6	4.0	148	
3	32.7	62.9	4.4	91	
4	84.2	13.4	2.4	164	
5	96.0	—	4.0	59	
6	100	—	—	136	
8	100	—	—	86	
	Gesammtzahl =			866	
0	30.2	63.4	6.4	126	II.4 Unteres Augenlid.
½	10.2	86.4	3.4	116	
1	14.0	80.0	6.0	100	
1½	40.2	53.1	6.7	90	
2	65.2	30.2	4.6	86	
3	80.0	16.0	4.0	100	
4	87.7	7.6	4.7	105	
5	96.4	2.7	0.9	103	
6	100	—	—	97	
	Gesammtzahl =			923	
0	23.0	72.0	5.0	160	II.5 OberesAugenlid.
½	13.5	82.7	3.8	156	
1	21.4	73.6	6.0	168	
1½	66.4	27.0	6.6	152	
2	78.7	16.1	5.2	155	
3	84.6	9.6	5.8	156	
4	88.6	7.6	3.8	158	
5	100	—	—	155	
6	100	—	—	124	
	Gesammtzahl =			1384	
0	6.5	91.3	2.2	92	II.6 Ueber den Augbrauen.
2	12.9	78.5	8.6	163	
3	12.0	78.0	10.0	100	
4	28.4	61.5	10.1	176	
5	43.6	46.7	9.7	82	
6	92.2	6.0	1.8	166	
7	90.6	4.7	4.7	85	
8	97.1	2.2	0.7	136	
10	100	—	—	42	
	Gesammtzahl =			1042	

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	15.4	88.0	6.6	90	II.7 Oberer Rand der Stirnhaut.
2	12.1	81.9	6.0	132	
3	14.8	74.1	11.1	154	
4	34.8	59.1	6.1	131	
5	31.6	63.2	5.2	163	
6	67.8	26.6	5.6	124	
8	86.4	8.4	5.2	152	
10	90.4	2.4	7.2	134	
12	100	—	—	82	
	Gesammtzahl =			1162	
0	12.3	82.4	5.3	113	II.8 Gegen den Angulus frontalis ossis bregmatis (4 Cm. von der Pfeilnaht, 3 Cm. von der Kronennaht entfernt).
2	14.9	80.9	4.2	120	
3	29.3	66.7	4.0	123	
4	41.5	51.7	6.8	120	
5	37.0	45.0	18.0	122	
6	62.2	26.9	10.9	118	
7	77.9	18.8	3.3	122	
8	88.6	6.5	4.9	122	
10	98.5	—	1.5	121	
12	100	—	—	126	
	Gesammtzahl =			1085	
0	12.8	85.6	1.6	125	II.9 Hinterhauptsbein (2 Cm. über der linea semicircularis superior, 4 Centim. von der Medianebene entfernt.)
2	10.1	87.0	2.9	137	
3	30.3	64.8	4.9	127	
4	40.2	53.1	6.7	134	
5	44.4	54.1	1.5	131	
6	67.5	27.9	4.6	129	
7	82.0	15.1	2.9	138	
8	91.7	6.9	1.4	145	
10	95.3	3.9	0.8	138	
12	100	—	—	60	
	Gesammtzahl =			1264	
0	5.8	88.4	5.8	104	III.1 Angulus maxillae inferioris.
2	10.8	78.4	10.8	111	
3	19.6	65.7	14.7	61	
4	27.1	64.4	8.5	118	
5	42.4	46.9	10.7	56	
6	59.2	28.5	12.3	105	
7	69.7	23.6	6.7	59	
8	66.6	23.7	9.7	113	
10	78.9	13.4	7.7	104	
12	97.7	—	2.3	88	
14	100	—	—	65	
	Gesammtzahl =			984	

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	11.0	79.8	9.2	81	III.2 Im Niveau d. Unterlippe.
2	14.8	74.1	11.1	108	
3	7.9	88.2	3.9	76	
4	28.2	63.5	8.3	120	
5	16.6	75.1	8.3	80	
6	50.4	33.6	16.0	119	
7	78.0	5.7	16.3	72	
8	88.3	3.9	7.8	102	
10	97.8	2.2	—	87	
12	100	—	—	78	
	Gesammtzahl =			924	
0	2.8	96.2	1.0	106	III.3 Im Niveau d. Nasenspitze.
2	6.2	84.1	9.7	113	
3	2.2	94.5	3.3	90	
4	17.9	75.1	7.0	128	
5	11.3	75.6	13.1	53	
6	44.0	42.3	12.7	118	
7	60.5	31.5	8.0	66	
8	81.7	13.2	5.1	113	
10	97.2	2.8	—	70	
12	98.2	—	1.8	54	
	Gesammtzahl =			911	
0	15.6	78.4	6.0	83	III.4 Im Niveau der Glabella.
2	10.1	82.9	7.2	138	
3	12.0	79.6	8.4	83	
4	22.3	68.5	9.2	129	
5	54.0	35.1	10.9	70	
6	63.3	23.0	13.7	130	
7	93.2	6.8	—	59	
8	92.1	4.5	3.4	112	
10	90.7	2.3	7.0	85	
12	100	—	—	78	
	Gesammtzahl =			967	
0	14.9	85.1	—	113	III.5 Gegen das vordere Ende der linea semicircularis ossis bregmatis. (Vorderes Ende der linea semicircularis.)
2	10.5	83.8	5.7	121	
3	24.5	73.0	2.5	122	
4	40.4	55.3	4.3	115	
5	58.9	38.6	2.5	118	
6	70.2	25.5	4.3	116	
7	88.1	10.2	1.7	119	
8	95.8	3.4	0.8	117	
10	96.4	3.6	—	128	
12	100	—	—	41	
	Gesammtzahl =			1110	

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	11.5	84.4	4.1	121	III.6 Am hinteren Ende der linea semicircularis ossis bregmatis.
2	19.2	76.4	4.4	135	
3	33.5	59.8	6.7	134	
4	52.8	40.9	6.3	127	
5	66.4	28.8	4.8	126	
6	68.0	24.0	8.0	125	
7	83.5	13.2	3.3	123	
8	89.0	9.6	2.4	127	
10	91.6	7.0	1.4	142	
12	100	—	—	36	
	Gesammtzahl = 1196				

Abstand in Pariser Linien	Zweifach empfunden	Einfach empfunden	Unentschieden	Absolute Zahl der Versuche	
0	8.4	89.8	1.8	119	III.7 Processus mastoideus.
2	16.8	70.2	4.0	125	
3	34.6	62.3	3.1	129	
4	44.5	49.3	6.2	129	
5	59.4	37.2	3.4	147	
6	78.5	16.9	4.6	129	
7	81.1	17.2	1.7	112	
8	93.6	4.8	1.6	116	
10	95.0	3.4	1.6	123	
12	100	—	—	100	
	Gesammtzahl = 1220				

Totalsumme aller angestellten Versuche = 31574.

Die nachfolgende Tab. III (S. 20 u. 21) enthält die Generalübersicht über die Versuchsergebnisse. Die Tabellenköpfe geben an die prozentige Zahl der richtigen Entscheidungen, die Zahlen selbst die Abstände (in Pariser Linien) der berührten Hautpunkte, welche Doppelempfindungen also richtige Urtheile ergaben. Die Feinheit des Raumsinns verhält sich umgekehrt wie die Abstände der berührten Hautstellen, welche dieselbe prozentige Anzahl richtiger Entscheidungen ergeben. Zwei Hautstellen z. B., die bei 2 resp. 4 Linien Abstand der Berührungspunkte 80 % Doppelempfindungen geben, zeigen demnach einen Unterschied der Feinheit des Raumsinns um das Doppelte. Wegen der Construktion der Tabelle III darf ich mich der Kürze wegen auf die Abhandlung von Paulus, sowie auf meine frühere Arbeit über den Raumsinn der Haut des Unterschenkels beziehen.

Wir haben in Tab. IV (S. 22 u. 23) die 30 Versuchsstellen, nach ihren Leistungen im Gebiete des Raumsinns geordnet, zusammenzustellen. Die aus Tab. III entnommenen Summen der Horizontalreihen von 55 %—100 % richtiger Fälle repräsentiren die Ausbildung des Raumsinns, dessen Werthe sich umgekehrt verhalten wie die betreffenden Summen. Zur besseren Vergleichung ist in der zweiten

Vertikalcolumne die Feinheit der stumpfesten Stelle I. 13 (VII Halswirbel) = 100 gesetzt. Die dritte Vertikalcolumne gibt die Rangordnung der untersuchten Einzelnstellen im Betreff ihres Raumsinnes. Die fünfte Vertikalcolumne wiederholt aus Tab. III die Endsummen von 25 % — 100 % richtiger Entscheidungen, während die vierte Columne die diesen Zahlen entsprechenden Ordnungsnummern gibt. Es versteht sich von selbst, dass letztere häufig kleine Verschiebungen bieten gegenüber den entsprechenden Werthen der dritten Vertikalkolumne. Die sechste und siebente, sowie die achte und neunte Columne geben die Zahlen, welche die früheren Beobachter E. H. Weber und Valentin gefunden haben. Letztere Angaben beruhen bekanntlich auf der einfachen Methode des eben merklichen Unterschiedes, bei welcher natürlich den Nebenumständen nicht genau Rechnung zu tragen ist, unter welchen die Empfindung stattfand. Die Angabe z B., eine Doppelempfindung findet statt bei 2 Linien Abstand, ist, sowie es sich um genauere Verwerthung der Zahlen handelt, nicht mehr zureichend; man muss die Chance wissen, wie oft diese Doppelempfindung im Verhältniss zu allen Fällen stattfindet und das ist nur durch die mühsame Versuchsmethode der „richtigen und falschen Fälle“ zu erreichen, ein Verfahren, das natürlich von dem hochverdienten Begründer der Physiologie des Tastsinns nicht verlangt und überhaupt von einem einzelnen Experimentator nur dann urgirt werden kann, wenn er sich zur Sicherung der Exaktheit seiner Versuchsergebnisse auf eine bestimmte Körperregion beschränkt, wie das bei den im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten Einzelarbeiten möglich war.

Die Zahl der Lokalitäten, an welchen E. H. Weber und Valentin experimentirten, ist übrigens kleiner, als die von ihnen stammenden Zahlen der nachfolgenden Tabelle. Bei den Lippen, Auglidern u. s. w. wird kein Unterschied gemacht zwischen dem oberen und dem unteren Organ. Auch ist von diesen Forschern der Ort mancher Versuchsstelle nur ungefähr angegeben. Zur besseren Vergleichung setze ich die von E. H. Weber und Valentin gefundenen Empfindlichkeits-Werthe für die Zungenspitze wie das bei dem meinigen der Fall ist = 1700. Ein Abstand von $^1/_2$ Pariser Linie gibt mir auf der Zungenspitze nur in der Hälfte

Tabelle III.

Versuchsstelle		5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
I.1	Kinnspitze	0.82	1.55	1.65	1.76	1.87	2.0	2.06	2.14	2.22	2.3	2.39	2.47
I.2	Weisser Theil d. Unterlippe.	1.05	1.12	1.2	1.28	1.35	1.43	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
I.3	Rother Theil d. Unterlippe.	—	0.5	0.6	0.64	0.7	0.78	0.83	0.9	0.97	1.0	1.06	1.1
I.4	Rother Theil der Oberlippe.	0.5	0.57	0.63	0.7	0.76	0.82	0.9	0.96	1.02	1.06	1.12	1.18
I.5	Nasenspitze.	—	1.04	1.13	1.25	1.35	1.45	1.55	1.6	1.73	1.82	1.91	2.0
I.6	Glabella.	1.57	1.8	2.24	3.04	3.18	3.32	3.45	3.6	3.72	3.87	4.0	4.34
I.7	Oberer Rand der Stirnhaut.	—	—	—	—	2.6	3.23	3.36	3.5	3.65	3.8	3.93	4.15
I.8	Mitte des Stirnbeins.	—	2.1	2.98	3.37	3.74	4.1	4.42	4.75	5.05	5.28	5.5	5.72
I.9	Pfeilnaht.	—	—	2.8	3.2	3.43	3.68	3.92	4.25	4.62	5.0	5.48	5.97
I.10	Scheitel.	—	—	2.25	2.7	3.18	3.65	4.1	4.28	4.48	4.7	4.88	5.15
I.11	Angulus lambdoideus.	—	2.1	2.58	3.03	3.27	3.5	3.75	4.0	4.23	4.5	4.68	4.9
I.12	Os occipitis.	—	—	2.0	3.05	3.25	3.48	3.72	3.95	4.22	4.52	4.69	4.93
I.13	Proc. spin. des 7. Halswirbels.	—	2.63	4.4	4.94	5.3	5.65	6.0	8.0	8.4	8.73	9.1	9.45
I.14	Zungenspitze.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	0.52
II.1	Mitte d. Unterkieferrands.	—	2.1	2.6	3.03	3.26	3.5	3.75	4.0	4.12	4.25	4.37	4.5
II.2	Mundwinkel.	—	2.63	3.16	3.5	3.8	4.02	4.12	4.2	4.28	4.37	4.45	4.53
II.3	Wange.	—	2.2	2.38	2.52	2.7	2.9	3.05	3.15	3.25	3.33	3.43	3.52
II.4	Unter. Auglid.	—	—	1.02	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
II.5	Oberes Auglid.	—	—	0.59	0.9	1.05	1.1	1.15	1.21	1.27	1.32	1.38	1.44
II.6	Ueber den Augbrauen.	—	—	3.19	3.5	3.8	4.1	4.43	4.75	5.03	5.12	5.23	5.34
II.7	Oberer Rand der Stirnhaut.	—	—	3.02	3.25	3.5	3.75	4.55	5 22	5.36	5.5	5.64	5.78
II.8	Os bregmatis.	—	—	2.0	2.35	2.7	3.06	3.47	4.44	5.31	5.5	5.72	5.9
II.9	Os bregmatis.	—	—	2.25	2.5	2.78	3.07	3.51	3.97	5.02	5.23	5.45	5.67
III.1	Angulus maxillae.	—	—	2.5	3.05	3.71	4.18	4.5	4.83	5.15	5.45	5.75	6.08
III.2	Mitte d. Ast d Unterkiefers.	—	2.9	2.67	4.47	4.45	5.4	5.53	5.7	5.83	6.0	6.16	6.37
III.3	Kiefergelenk.	2.74	3.5	4.46	5.26	5.42	5.57	5.73	5.88	6.08	6.37	6.65	6.98
III.4	In der Höhe d. Augbrauen.	—	2.0	3.3	3.78	4.1	4.25	4.4	4.56	4.7	4.87	5.1	5.63
III.5	Schläfengegend.	—	—	2.2	2.63	3.05	3.37	3.65	3.96	4.24	4.5	4.8	5.1
III.6	Os parietale.	—	—	—	2.05	2.4	2.75	3.1	3.35	3.6	3.9	4.18	4.54
III.7	Process. mastoideus.	—	—	—	2.23	2.6	2.97	3.32	3.67	4.05	4.37	4.72	5.06

Generalübersicht über die Versuchsergebnisse.

65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	Summe d. Horizontalreihen v. 25%—100%	Summen d. Horizontalreihen v. 55%—100%
2.55	2.63	2.71	2.8	2.87	3.97	3.97	4.65	45.63	33.04
2.13	2.28	2.43	2.58	2.73	2.88	3.2	4.0	35.51	26.13
1.17	1.2	1.25	1.3	1.37	1.4	1.46	2.0	18.49	13.31
1.22	1.27	1.32	1.38	1.42	1.47	1.7	3.0	20.60	15.08
2.12	2.25	2.37	2.5	2.62	2.75	2.83	3.0	33.85	24.35
4.67	5.0	5.22	5.43	5.65	5.88	6.45	8.0	75.78	54.64
4.48	4.8	5.13	5.45	5.76	6.19	6.87	9.0	75.90	55.86
5.94	6.53	7.12	7.43	7.75	8.17	9.08	10.0	100.58	73.24
7.1	7.31	7.52	7.73	7.82	8.68	9.5	11.0	103.01	78.11
5.45	5.73	6.18	6.82	7.3	7.65	8.1	10.0	91.65	67.26
5.13	5.35	5.6	5.8	6.15	7.2	7.9	10.0	85.96	62.71
5.16	5.4	5.69	5.9	7.0	7.45	7.9	10.0	87.29	64.12
9.8	10.3	11.0	11.65	12.1	12.43	12.75	13.0	153.66	111.58
0.53	0.54	0.55	0.58	0.59	0.8	0.93	1.0	—	6.54
4.6	4.72	4.88	5.0	5.62	6.26	6.85	8.0	77.68	54.80
4.6	4.7	4.8	4.88	4.97	5.35	5.98	7.0	76.05	51.26
3.62	3.72	3.8	3.92	4.08	4.5	4.9	6.0	59.87	41.49
2.0	2.34	2.65	3.0	3.65	4.29	4.84	6.0	41.17	32.47
1.5	1.63	1.86	2.2	3.1	4.12	4.48	5.0	33.76	26.71
5.44	5.52	5.64	5.75	5.85	5.95	7.65	9.0	88.60	61.37
5.92	6.22	6.75	7.3	7.83	9.8	10.93	12.0	106.05	78.17
6.18	6.48	6.8	7.2	7.68	8.27	9.3	11.0	99.75	74.53
5.9	6.18	6.5	6.85	7.3	7.82	9.98	11.0	96.23	72.65
6. 5	7.78	9.38	10.12	10.66	11.16	11.7	12.0	119.0	91.20
6.53	6.72	6.9	7.2	7.68	8.34	9.4	12.0	110.41	79.26
7.2	7.45	7.7	7.92	8.43	9.1	9.72	13.0	119.20	84.15
6.05	6.2	6.4	6.68	6.72	8.5	10.95	12.0	101.11	74.23
5.53	5.98	6.27	6.53	6.82	7.25	7.9	10.0	88.95	66.18
4.9	6.12	6.45	6.75	7.25	8.75	10.4	11.0	89.44	70.34
5.3	5.55	6.35	7.05	7.86	9.5	10.2	11.0	93.57	72.59

der Fälle eine Doppelempfindung und brauche ich 1 Linie Abstand, um immer eine doppelte Empfindung zu haben. Die nach der Methode des eben merklichen Unterschieds gewonnenen Zahlen können unmöglich mit denen identisch sein, welche bei der Methode der richtigen und falschen Fälle bei 100 % richtiger Entscheidungen, wie ich sie angewandt habe, gefunden werden.

Tabelle IV.

Versuchsstelle		Feinheitswerthe des Raumsinnes nach den zwischen 55%–100% richtiger Fälle liegenden Beobachtungen			Feinheitswerthe des Raumsinnes nach den zwischen 25–100% richtiger Fälle liegenden Beobachtungen		Angaben von			
Nummer	Wort-Bezeichnung	Summen aus Tab. III	Vergleichbare Werthe	Ordnungs-Nummer	Ordnungs-Nummer	Summen aus Tab. III.	E. H. Weber		Valentin	
I.14	Zunge.	6.54	1706	1	1	—	0.5	1700	0.5	1700
I.3	Rother Theil d. Unterlippe.	13.31	838	2	2	18.49	2	425	1.50	566
I.4	Rother Theil der Oberlippe.	15.08	740	3	3	20.60	2	425	1.52	566
I.5	Nasenspitze.	24.35	458	4	5	33.85	3	283	2.25	380
I.2	Weisser Theil d. Unterlippe.	26.13	427	5	6	35.51	4	212	2.21	380
II.5	Oberes Auglid.	26.71	418	6	4	33.76	5	170	3.8	224
II.4	Unteres Auglid.	32.47	344	7	7	41.17	5	170	3.8	224
I.1	Kinnspitze.	33.04	338	8	8	45.63				
II.3	Wange.	41.49	269	9	9	59.87	5	170		
II.2	Mundwinkel.	51.26	218	10	12	76.05				
I.6	Glabella.	54.64	204	11	10	75.78	10	85	6.0	142
II.1	Mitte d. Unterkieferrandes.	54.80	203	12	13	77.68				
I.7	Oberer Rand der Stirnhaut	55.86	200	13	11	75.90				
II.6	Ueber den Augbrauen.	61.37	182	14	16	88.60				
I.11	Angulus lambdoideus.	62.71	178	15	14	85.96				
I.12	Os occipitis.	64.12	174	16	15	87.29	12	70	8.3	102
III.5	Schläfengegend.	66.18	166	17	17	88.95				

Versuchsstelle		Feinheitswerthe des Raumsinnes nach den zwischen 55%–100% richtiger Fälle liegenden Beobachtungen			Feinheitswerthe des Raumsinnes nach den zwischen 25–100% richtiger Fälle liegenden Beobachtungen		Angaben von			
Nummer	Wort-Bezeichnung	Summen aus Tab. III	Vergleichbare Werthe	Ordnungs-Nummer	Ordnungs-Nummer	Summen aus Tab. III	E. H. Weber		Valentin	
I.10	Scheitel.	67.26	166	18	19	91.65				
III.6	Os parietale.	70.34	158	19	18	89.44				
III.7	Processus mastoideus.	72.59	154	20	20	93.57				
II.9	Os bregmatis.	72.65	154	21	21	96.23				
I.8	Mitte des Stirnbeins	73.24	152	22	23	100.58				
III.4	In der Höhe d. Augbrauen	74.23	150	23	25	101.11				
II.8	Os bregmatis.	74.53	150	24	22	99.75				
I.9	Pfeilnaht.	78.11	143	25	24	103.01	15	57	9.6	88
II.7	Oberer Rand der Stirnhaut.	78.17	143	26	26	106.05				
III.2	Unterkieferast.	79.26	141	27	27	110.41				
III.3	Kiefergelenk.	84.15	133	28	29	119.2	10	85	5.28	160
III.1	Angulus maxillae.	91.20	122	29	28	119.0				
I.13	7ter Halswirbel.	111.58	= 100	30	30	153.66			18.5	46

In Fig. 2 Taf. II sind die vergleichbaren Empfindlichkeitsmaasse der einzelnen Hautstellen nach der Tabelle IV in Zahlen zur besseren Uebersicht an der betreffenden Lokalität selbst verzeichnet.

Die Analyse der Versuchsergebnisse hat zunächst die Versuchsstellen in zwei Gruppen zu theilen:

1) in solche, welche an und für sich unbeweglich sind, also unter allen Umständen die Bewegungen des Kopfes passiv mitmachen, und

2) in solche, welche ausserdem noch Einzelnbewegungen zum Theil von grösster Geschwindigkeit vollführen.

Es ist klar, dass bei den ersteren Stellen der eminente, ja allein maassgebende Einfluss, welchen die Exkursionsweite der Bewegungen eines Körpertheils auf die Ausbildung seines Raumsinns aus-

übt, sich ausschliesslich d. h. ungestört von andern Nebenbedingungen geltend machen kann. Die nachfolgende Tabelle V enthält die Zusammenstellung derjenigen Lokalitäten des Kopfes, deren Eigenbewegung gleich 0 oder wie etwa in III.1 nur eine minimale, also nicht mehr in Betracht kommende ist und zwar nach der Rangordnung ihrer Raumsinnsleistungen verzeichnet.

Wenn wir von den Bewegungen des Kopfes mit dem Rumpfe und mit den unteren Extremitäten absehen, so variirt, — siehe die fünfte Vertikalkolumne der Tabelle I — die Summe des kleinsten (170) und des grössten Abstandes (491) von den Drehaxen des Kopfes und der Halswirbelsäule blos um das $2^4/_5$fache. Tragen wir aber, was die Gebrauchsbedingungen dieses Körpertheils gebieterisch fordern, auch den Abständen der Hautlokalitäten von der E- und F-Axe (s. letzte Vertikalkolumne der Tabelle I) Rechnung, so variiren die Summen der kleinsten (1549) und grössten (2056) Abstände blos um etwa ein Viertel. Mit anderen Worten, die Bewegungseinflüsse compensiren sich fast vollständig, so dass der Einfluss anderer vorerst noch unbekannter Momente höchstens als ein relativ ganz geringer betrachtet werden kann. Desshalb können im Sinne unserer Theorie alle für sich unbeweglichen Lokalitäten der Kopfhaut keine erheblichen Differenzen in der Feinheit des Raumsinns bieten, wenn anders unsere Theorie auch am Kopf sich als richtig bewähren soll. Dies ist nach den Erfahrungen und Resultaten unserer Versuche vollständig bestätigt; denn nach Tabelle V verhält sich die Raumsinnsempfindlichkeit der am wenigsten leistenden Hautstelle (III.1 mit dem Empfindlichkeitsmaass 122) zu der Empfindlichkeit der bevorzugtesten Stelle (I.7 mit dem Empfindlichkeitsmaass 200) nur wie 1 zu 1.6. Wir haben es also hier mit verhältnissmässig sehr kleinen Unterschieden zu thun, gegenüber den oft enormen Unterschieden, welche der Raumsinn an anderen Körperstellen bietet. Ein Blick auf die nachfolgende Tabelle V zeigt, dass zwar im Ganzen und Grossen mit der Zunahme der Summe der Abstände der Hautstellen von ihren Drehungsaxen die Feinheit des Raumsinns ein wenig zunimmt; doch sind andererseits auch zahlreiche Ausnahmen vorhanden, so dass sich mit mehr Recht behaupten lässt, die Bewegungseinflüsse auf die Ausbildung des

Raumsinns in diesen Hautstellen werden sich fast vollständig compensiren. Diese Compensation, nachgewiesen in den mässigen, nach keiner Richtung continuirlich fortschreitenden Differenzen der experimentell festgestellten Raumsinnswerthe der unbeweglichen Hautstellen des Kopfes, spricht als gewissermaassen negativer Beweis für die Richtigkeit der von Professor v. Vierordt aufgestellten Theorie fast mit eben so viel Gewicht, als die Erfahrungen an den Extremitäten, in welchen derartige Compensationswirkungen — ausgenommen die in diesem Betreff merkwürdigen Lokalitäten des Unterschenkels — sich nicht geltend machen können, so dass an diesen das Gesetz in aller Schärfe positiv nachgewiesen werden konnte.

Tabelle V.

Raumsinnswerthe der unbeweglichen Stellen der Kopfhaut.

Versuchsstellen		Relative Feinheit des Raumsinnes.	Summe der Abstände der Hautstellen	
			von sämmtlichen Axen (Tab. I letzte Rubrik)	von sämmtl. Axen des Kopfes (Tabelle I Rubrik *D*)
I. 7	Oberer Rand der Stirnhaut.	200	2030	491
I.11	Angulus lambdoideus.	178	1812	329
I.12	Os occipitis.	174	1646	239
III. 5	Schläfengegend.	166	1888	363
I.10	Scheitel.	166	1995	424
III. 6	Os parietale.	158	1804	305
III. 7	Processus mastoideus.	154	1584	170
II. 9	Os bregmatis.	154	1671	277
I. 8	Mitte des Stirnbeins.	152	2056	485
III. 4	In der Höhe der Augbrauen.	150	1723	260
II. 8	Os bregmatis.	150	2007	434
I. 9	Pfeilnaht.	143	2029	442
II. 7	Oberer Rand der Stirnhaut.	143	1974	447
III. 2	Mitte des Unterkieferastes.	141	1583	210
III. 3	Kiefergelenk.	133	1642	235
III. 1	Angulus maxillae.	122	1549	196
I.13	7ter Halswirbel.	100	1259	—

Wenden wir uns schliesslich zu denjenigen Stellen der Kopfhaut, welche auch für sich beweglich sind.

Es versteht sich von selbst, dass die oben besprochenen Compensationseinflüsse auch in diesen Lokalitäten maassgebend sind, so dass ihre zum Theil sehr grossen Differenzen in den Raumsinnsleistungen nur von der Grösse, Geschwindigkeit und Häufigkeit ihrer Eigenbewegungen abhängen können.

Wie sehr die Bewegungseinflüsse für die Ausbildung des Raumsinns maassgebend sind, zeigt mit kaum einer einzigen Ausnahme die Reihenfolge der Hautstellen in Tabelle IV. Mit abnehmender Beweglichkeit nimmt auch deren Raumsinn ab.

Die 3 leistungsfähigsten Lokalitäten (Zungenspitze, rother Theil der Unterlippe und rother Theil der Oberlippe) sind zugleich die beweglichsten Stellen des Kopfes. Die Zungenspitze (Empfindlichkeitsmaass 1706) übertrifft die minder bewegliche Unterlippe (Empfindlichkeitsmaass 838) um das Doppelte. Die Unterlippe ist beweglicher und werden ihre Bewegungen beim Sprechen und den sonstigen Kieferbewegungen mehr in Anspruch genommen, als diejenigen der Oberlippe. Letztere steht daher (E—M 740) hinter der Unterlippe zurück. Die von E. H. Weber gefundene Thatsache, dass die Zunge in ihren hinteren Parthien mit weniger Raumsinn begabt ist, als die Spitze des Organs, versteht sich nach unserer Theorie von selbst. Ob der Schleimhautüberzug dieser drei obenanstehenden Lokalitäten die Feinheit des Getastes etwas erhöht, muss dahingestellt bleiben.

Die vierte Stelle in der Rangordnung (E—M 458) nimmt die prominirende Nasenspitze ein, der jedoch der weisse Theil der viel beweglicheren Unterlippe (E—M 427) kaum nachsteht. Hierauf folgt das obere Auglid (E—M 418), das an Beweglichkeit das untere (E—M 344) bei weitem übertrifft; sodann Kinnspitze (E—M 338), deren geringere Leistungen gegenüber der Unterlippe wohl begreiflich sind, da erstere nur unter dem Einflusse der relativ trägeren Kieferbewegungen steht. Weiterhin folgt II.3 Wangenhaut (E—M 269) als entschieden beweglicherer Theil gegenüber von II.2 (E—M 218) und die zuletzt am wenigsten Beweglichkeit zeigenden Hautstellen I.6 Glabella (E—M 204); II.1 Kieferrand (E—M 203) und II.6 über den Augbrauen (E—M 182).

Die für sich beweglichen Hautstellen sind also viel leistungsfähiger als die nicht beweglichen; blos die wenig bewegliche Haut über den Augbrauen macht eine Ausnahme, da sie mit 182 Empfindlichkeitsmaass hinter der unbeweglichen Stelle I.7 der Stirn mit 200 etwas zurücksteht.

Sehr interessant ist auch die Vergleichung der Bezirke der Haut am Unterkieferrande, vom Winkel (III.1) des Kiefers bis zur Kinnspitze; die Empfindlichkeitsmaasse sind hier für III.1_3—II.1 und I.1, der Reihe nach 122—203—338.

Ferner die weiter oben liegende Horizontalreihe III.2 — II.2 und I.2 mit den Empfindlichkeitsmaassen 141 : 218 : 427. Ebenso die in demselben Niveau liegenden Lokalitäten III.3—II.3 u. I.5 mit den entsprechenden Werthen 133 : 269 : 458.

Die Nasenspitze als wenig beweglicher Theil bildet die erheblichste Ausnahme in der Reihenfolge. Im Ganzen ist aber auch für die beweglichen Stellen des Kopfes auf das Deutlichste die Giltigkeit des Gesetzes erwiesen, dass die Ausbildung des Raumsinns von dem Beweglichkeitsgrade der Theile abhängt. An die künftigen experimentellen Forschungen über diese nur bei oberflächlicher Betrachtung ziemlich inhaltslos erscheinenden Sinnesleistungen, welche ganz im Gegentheil für den aufmerksamen Experimentator der Spezialfragen unendlich viele bieten, bleibt nunmehr die Aufgabe gestellt, inwiefern die speziellen Wachsthumszunahmen der Feinheit des Raumsinnes, wie sie von meinen Vorgängern für andere Körperregionen und in dieser Abhandlung für die Kopfhaut nachgewiesen wurden, abhängen von der Grösse, der Geschwindigkeit und der Häufigkeit der Bewegungen einer Hautstelle, vielleicht auch von dem Verhältnisse der Bewegungsexkursionen des Theiles zu dessen Länge überhaupt.

Mit der Lösung dieser Aufgaben wäre das schöne Ziel erreicht, das den messenden Studien auf diesem Gebiete vorschweben muss, der Nachweis nämlich der absoluten Nothwendigkeit der speziellen Raumsinnswerthe, welche für die einzelnen Stellen unseres Tastorgans charakteristisch sind.

Fig. 1.

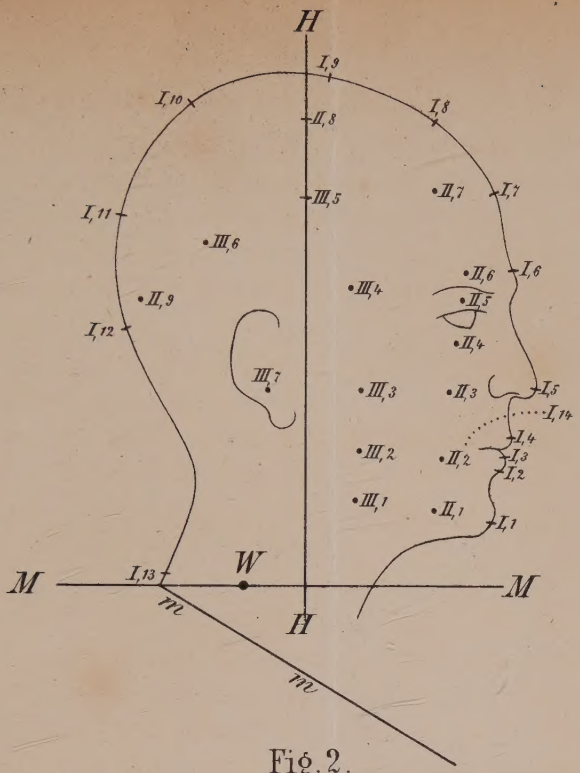
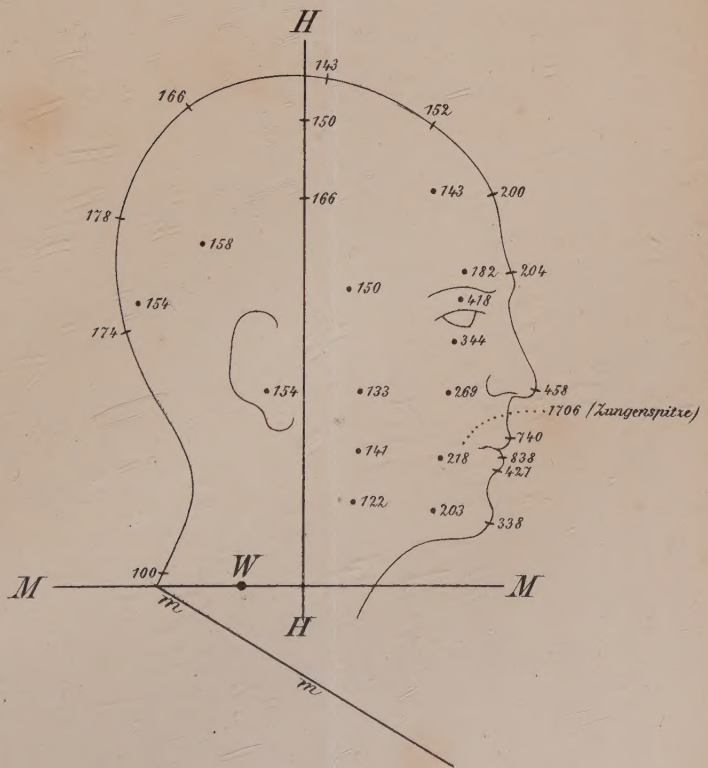


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Joh. Moises in München.